

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-013443

(43)Date of publication of application : 19.01.2001

(51)Int.CI.

G02B 26/10  
B81B 3/00  
G02B 26/08

(21)Application number : 11-183253

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.06.1999

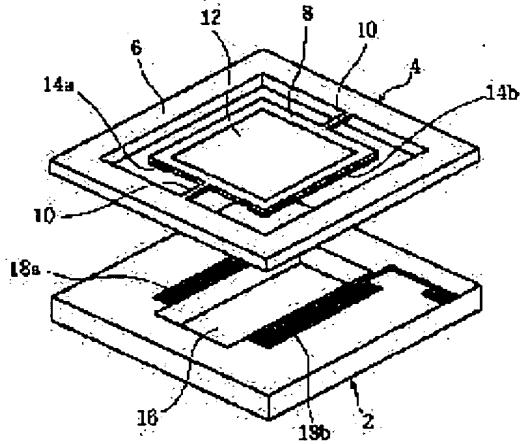
(72)Inventor : UEDA TOMOSHI  
OKUDA HISAO

## (54) GALVANOMICROMIRROR

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to well prevent the occurrence of dumping while suppressing the increase of a production cost as far as possible.

SOLUTION: This galvanomicromirror has a mirror substrate 4 including a frame-shaped base part 6, a mirror part 8 which is formed with a mirror surface 12 for reflecting light to one main surface and is formed with electrode plates 14a and 14b on the other main surface and a torsion bar part 10 which connects the base part 6 and the mirror part 8 and supports the mirror part 8 turnably at a prescribed angle range, and an electrode substrate 2 which is formed with electrode plates 18a and 18b facing the electrode plates 14a and 14b. The mirror part 8 is turned by electrostatic attraction force at a very small angle around the axis of the torsion bar part 10 by impressing voltage between the electrode plates 14a and 14b and the electrode plates 18a and 18b. In such a case, a through-hole 16 penetrating the electrode substrate 2 in its thickness direction is formed in part of the electrode substrate 2, which surface faces the mirror part 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-13443

(P2001-13443A)

(43)公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 26/10

識別記号  
1 0 4

F 1  
G 0 2 B 26/10

データコード(参考)  
2 H 0 4 1  
F 2 H 0 4 5

B 8 1 B 3/00  
G 0 2 B 26/08

B 8 1 B 3/00  
G 0 2 B 26/08

E

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-183253

(22)出願日 平成11年6月29日 (1999.6.29)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 上田 知史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 奥田 久雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100086380

弁理士 吉田 稔 (外2名)

F ターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AC06 AZ02 AZ08  
2H045 AB06 AB16 AB73

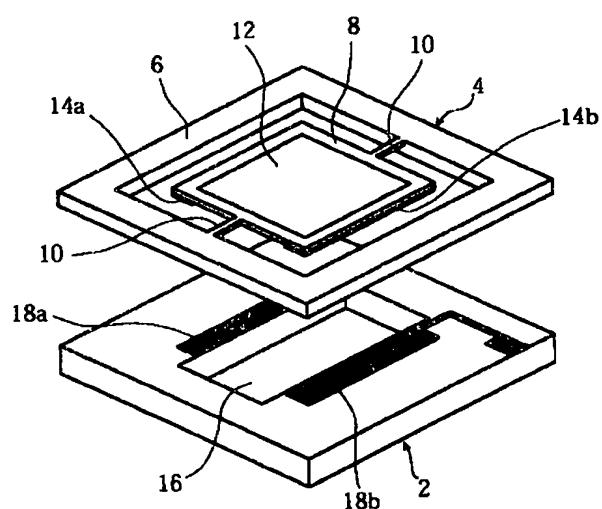
(54)【発明の名称】 ガルバノマイクロミラー

(57)【要約】

【課題】 製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供する。

【解決手段】 柱状の基部6と、一方の主面に光を反射させるミラー面12が形成され、他方の主面に電極板14a, 14bが形成されたミラー部8と、基部6とミラー部8とを連結し、かつミラー部8を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部10とを含むミラー基板4と、電極板14a, 14bに対向する電極板18a, 18bが形成された電極基板2とを有し、電極板14a, 14bと電極板18a, 18bとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部8をトーションバー部10の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、電極基板2のミラー部8との対向面の一部に、電極基板2を厚み方向に貫通する貫通孔16を形成した。

本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 枠状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、前記基部と前記ミラー部とを連結し、かつ前記ミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部とを含むミラー基板と、前記第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によって前記ミラー部を前記トーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、

前記電極基板の前記ミラー部との対向面の一部に、前記電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラー。

【請求項2】 枠状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、前記基部と前記ミラー部とを連結し、かつ前記ミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部とを含むミラー基板と、前記第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によって前記ミラー部を前記トーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、

前記ミラー部の一方の主面に、第3電極を形成し、前記ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、前記電極基板および前記ミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、

前記支持部に、前記第3電極に対向する第4電極を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラー。

【請求項3】 前記電極基板の前記ミラー部との対向面の一部に、前記電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成した、請求項2に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項4】 前記貫通孔は、前記トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されており、前記第2電極は、1対の電極板からなり、前記貫通孔の周辺の位置に、前記トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている、請求項1または3に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項5】 前記第1電極、前記第2電極、前記第3電極、および前記第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、

前記各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、前記トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、

前記第1電極の各電極板と前記第3電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、

前記第2電極の一方の電極板と前記第4電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは前記第2電極の他方の電極板と前記第4電極の一方の電極板とに同

時に電圧を印加することにより、前記ミラー部に回転トルクを作用させる、請求項2ないし4のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項6】 前記第1電極、前記第2電極、前記第3電極、および前記第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、

前記各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、前記トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、

前記第2電極の各電極板と前記第4電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、

前記第1電極の一方の電極板と前記第3電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは前記第1電極の他方の電極板と前記第3電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、前記ミラー部に回転トルクを作用させる、請求項2ないし4のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項7】 前記第1電極と前記第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力の前記ミラー部と平行な方向の分力が、前記第3電極と前記第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力の前記ミラー部と平行な方向の分力によって相殺される構成とした、請求項2ないし6のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項8】 前記ミラー部の回動を所定範囲に規制して前記第1電極と前記第2電極との接触を防止するストップを設けた、請求項1に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項9】 前記ミラー部の回動を所定範囲に規制して、前記第1電極と前記第2電極との接触、および前記第3電極と前記第4電極との接触を防止するストップを設けた、請求項2ないし7のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項10】 前記ストップは、前記電極基板に突設されている、請求項8または9に記載のガルバノマイクロミラー。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば光ディスク装置などに用いられて、光ビームの照射位置を制御する、静電駆動方式のガルバノマイクロミラーに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の一般的な静電駆動方式のガルバノマイクロミラーは、たとえば「シリコン トーションナル スキャニング ミラー(Silicon Torsional Scanning Mirror)」(IBM J. RES. and DEVELOP., Vol. 24, No. 5, Sep. 1980)に開示されている。このガルバノマイクロミラーは、図12および図13に示すように、電極基板100と、その上に位置するミラー基板102とを備えてい

る。ミラー基板102は、枠状の基部104と、一方の主面にミラー面106aが形成されたミラー部106と、基部104とミラー部106とを連結し、ミラー部106を回動可能に支持するトーションバー部108とを備えている。ミラー部106の他方の主面には、1対の電極板110a, 110bからなる第1電極が形成されている。電極基板100には、第1電極の電極板110a, 110bに対向する1対の電極板112a, 112bからなる第2電極が形成されている。電極基板100には、ミラー部106に当接する直線状で断面山形の突起100aが一体に突設されており、この突起100aの稜線は、トーションバー部108の軸芯に沿っている。

【0003】このガルバノマイクロミラーは、第1電極の一方の電極板110aと第2電極の一方の電極板112aとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部106が図13において反時計回りの方向に回動する。また、第1電極の他方の電極板110bと第2電極の他方の電極板112bとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部106が図13のように時計回りの方向に回動する。このような静電引力は電極面積に比例することから、より低電圧で駆動するために、電極板110a, 110bからなる第1電極は、ミラー部106の他方の主面のほぼ全面にわたって形成されており、その大きさに応じて第2電極の電極板112a, 112bの大きさが決定されていた。

【0004】しかし、このような一般的なガルバノマイクロミラーでは、ミラー部106を駆動したときに、ミラー部106と電極基板100との間に存在する空気の粘性の影響でダンピングが発生し、ミラー部106を正確かつ迅速に制御することが困難であった。

【0005】そこで、電極基板のミラー部との対向面に多数の溝を形成することにより、ダンピングの軽減を図ったガルバノマイクロミラーが提案されている（たとえば特開平9-146034号公報参照）。

【0006】しかし、このようなガルバノマイクロミラーでは、溝の形成のために製造プロセスが複雑になることから、製造効率の低下などに起因して製造コストが上昇してしまう。また、単に溝を形成する構成では、ダンピングの軽減効果に限界があり、充分良好にダンピングを軽減させることができなかつた。

【0007】また、上記従来の一般的なガルバノマイクロミラーでは、第1電極の一方の電極板110aと第2電極の一方の電極板112aとの間に電圧を印加したとき、および第1電極の他方の電極板110bと第2電極の他方の電極板112bとの間に電圧を印加したときに、静電引力の水平方向成分すなわちミラー部106と平行な方向の成分によって、ミラー部106が横滑りすることがあった。このような横滑りは、ミラー部106の姿勢を不確定に変化させる結果となり、所望の制御精

度を得られなくなってしまう。

【0008】そこで、ミラー部の他方の主面に、トーションバー部の軸芯に沿う一直線状の溝を形成するとともに、電極基板に断面山形の突出部を一直線状に突設し、ミラー部の溝に電極基板の突出部を嵌め込むことにより、ミラー部の横滑り防止を図ったガルバノマイクロミラーが提案されている（たとえば特開平5-119280号公報参照）。

【0009】しかし、このようなガルバノマイクロミラーでは、溝および突出部の位置や寸法などを高精度に形成する必要があり、このために製造コストが上昇してしまう。

【0010】

【発明の開示】本発明は、上記した事情のもとで考え出されたものであって、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供することを、その課題とする。

【0011】さらに本発明は、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供することを、他の課題とする。

【0012】上記の課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

【0013】本発明の第1の側面によれば、枠状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、基部とミラー部とを連結し、かつミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部とを含むミラー基板と、第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部をトーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラーが提供される。

【0014】本発明の第2の側面によれば、枠状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、基部とミラー部とを連結し、かつミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部とを含むミラー基板と、第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部をトーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、ミラー部の一方の主面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラーが提供される。

【0015】好ましい実施の形態によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成した。

【0016】他の好ましい実施の形態によれば、貫通孔は、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されており、第2電極は、1対の電極板からなり、貫通孔の周辺の位置に、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている。

【0017】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、第1電極の各電極板と第3電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、第2電極の一方の電極板と第4電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは第2電極の他方の電極板と第4電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、ミラー部に回転トルクを作用させる。

【0018】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、第2電極の各電極板と第4電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、第1電極の一方の電極板と第3電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは第1電極の他方の電極板と第3電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、ミラー部に回転トルクを作用させる。

【0019】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー部と平行な方向の分力が、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー部と平行な方向の分力によって相殺される構成とした。

【0020】他の好ましい実施の形態によれば、ミラー部の回動を所定範囲に規制して第1電極と第2電極との接触を防止するストップを設けた。

【0021】他の好ましい実施の形態によれば、ミラー部の回動を所定範囲に規制して、第1電極と第2電極との接触、および第3電極と第4電極との接触を防止するストップを設けた。

【0022】他の好ましい実施の形態によれば、ストップは、電極基板に突設されている。

【0023】本発明によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したので、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できる。

【0024】すなわち、電極基板の厚みは、電極基板とミラー部との間隙に比べて相当に大きいので、電極基板とミラー部との間の容積との比較において貫通孔自体が

相当に大きな容積を有することになり、しかも、貫通孔は実質的に無限の大きさと考えられる空間に連通していることから、ミラー部の駆動時におけるダンピングの発生を良好に防止できるのである。しかも、電極基板に単に貫通孔を形成するだけであるので、電極基板とミラー部との対向面に多数の溝を形成するというような複雑な製造プロセスを要しないことから、製造コストの上昇を極力抑えることができる。

【0025】また本発明によれば、ミラー部の一方の正面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したので、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させることから、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止でき、しかも、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【0026】すなわち、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー基板と平行な方向の成分によって、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー基板と平行な方向の成分を相殺することが可能になるので、ミラー部の横滑りを良好に防止できる。また、単に第3電極および第4電極を形成するだけであり、電極基板やミラー部に一直線状の突出部や溝を高精度に形成する必要がないので、製造コストの上昇を極力抑えることができる。さらには、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させるので、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【0027】本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなろう。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を、添付図面を参照して具体的に説明する。

【0029】図1は、本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図であって、このガルバノマイクロミラーは、電極基板2と、ミラー基板4とを備えている。ミラー基板4は、シリコンあるいはアルミニウムなどから構成されており、枠状でかつ矩形の基部6と、矩形板状のミラー部8と、基部6とミラー部8とを連結し、かつミラー部8を所定の角度範囲で回動可能に支持する1対のトーションバー部10とを備えている。

【0030】ミラー部8の一方の正面には、高反射率の膜によりミラー面12が形成されており、ミラー部8の他方の正面には、1対の矩形の電極板14a、14bか

らなる第1電極が形成されている。ミラー基板4は、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の構成である。

【0031】電極基板2のミラー部8との対向面には、矩形の貫通孔16と、1対の電極板18a, 18bからなる第2電極とが形成されている。第2電極の一方の電極板18aは、第1電極の一方の電極板14aに対向しており、第2電極の他方の電極板18bは、第1電極の他方の電極板14bに対向している。貫通孔16は、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の形状である。第2電極の電極板18aと電極板18bとは、貫通孔16の近傍に位置しており、トーションバー部10の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状である。

【0032】第1電極の電極板14aと電極板14bとは、電気的に互いに接続され、接地されている。第2電極の電極板18aと電極板18bとは、電気的に互いに絶縁され、図外の制御装置に接続されている。これらの電極板14a, 14b, 18a, 18bは、露出表面に絶縁皮膜が形成されている。

【0033】図2は、ミラー部8の平面図、図3は、ミラー部8の正面図であって、ミラー面12は、ミラー部8の一方の主面のほぼ全域にわたって形成されている。第1電極の電極板14aと電極板14bとは、ミラー部8の他方の主面の両端部に各別に形成されており、トーションバー部10の軸芯と平行に延びている。電極板14aと電極板14bとは、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の形状である。

【0034】本実施形態において、ミラー部8の寸法は、縦横それぞれ2mm、厚さが300μmである。トーションバー部10の寸法は、長さ500μm、幅15μm、厚さ50μmである。ミラー部8が回動していない状態において、ミラー部8と電極基板2との間隙は10μmである。第1電極の電極板14aおよび電極板14bの寸法は、各々長さがほぼ2mm、幅が150μmである。ミラー部8は、トーションバー部10の軸芯を中心として、±0.1度程度の範囲で傾斜角度を制御される。

【0035】次に動作を説明する。第2電極の一方の電極板18aに正あるいは負の電圧を印加すると、第1電極の一方の電極板14aは接地されているので、電極板14aと電極板18aとの間に静電引力が作用する。ここで、ミラー部8はトーションバー部10により支持されているので、ミラー部8には、図3において反時計回りの方向の回転トルクが作用することになる。この結果、トーションバー部10が捻じれ、ミラー部8がトーションバー部10の軸芯を中心として図3において反時計回りの方向に回動する。このときの回転角度は、静電引力に起因してミラー部8に作用する回転トルクと、捻じれに対するトーションバー部10の対抗力との関係によって決定される。すなわち、ミラー部8の回転角度

は、電極板18aに印加する電圧が高いほど大きくなる。したがって、電極板18aに印加する電圧を可変させることによって、ミラー部8の回転角度を任意に制御できる。このようにミラー部8の回転角度を制御することにより、ミラー部8のミラー面12に入射する光ビームの反射方向を可変させて、光ビームの照射位置を任意に制御できるのである。

【0036】上記の説明から当然に類推されるように、第2電極の他方の電極板18bに正あるいは負の電圧を印加した場合には、ミラー部8がトーションバー部10の軸芯を中心として図3において時計回りの方向に回動することになる。

【0037】ミラー部8と電極基板2との間の間隙は極僅かであるので、ミラー部8が回動すると、空気が圧縮および膨張され、空気の粘性によってダンピングが発生することになる。もちろん、ガルバノマイクロミラーが空気以外の充填ガス雰囲気中に存在する場合でも、その充填ガスの粘性によりダンピングが発生する。ダンピングが発生すると、ミラー部8の回転角度を迅速かつ高精度に制御することが困難になる。ダンピングの影響は、たとえばミラー部8を短い周期で往復回動させる場合に、特に大きい。しかし、電極基板2には貫通孔16が形成されているので、ダンピングの発生が良好に抑制される。すなわち、ミラー部8と電極基板2との間の間隙に比べて、電極基板2の厚みは充分に大きいことから、貫通孔16の体積が大きく、この容量だけでもダンピングの発生を良好に抑制できる。しかも、貫通孔16はガルバノマイクロミラーの外部に連通しているので、空気が自由に出入りできることから、ダンピングの発生を実質的に無視できる程度にまで抑制できる。

【0038】ここで、貫通孔16を形成したことによる電極板18a, 18bの面積の減少によって生じる、ミラー部8の回動に対する影響について考察する。平行平板電極間に作用する静電引力Fは、電極間の媒質の誘電率をε、電極面積をA、印加電圧をV、電極間距離をDとすると、下記式1で表される。

【0039】

【数1】

$$F = \frac{1}{2} \epsilon A \left( \frac{V}{D} \right)^2$$

【0040】静電引力Fがたとえば電極板14aと電極板18aとの間に作用した場合、ミラー部8に作用する回転トルクTは、トーションバー部10の軸芯からの距離をLとすると、下記式2で表される。

【0041】

【数2】

$$T = FL$$

【0042】上記式2から明らかのように、ミラー部8に作用する回転トルクTは、トーションバー部10の

軸芯からの距離が大きいほど大きくなる。

【0043】すなわち、貫通孔16を形成したことにより、電極基板2の中央部分には、第2電極の電極板18a, 18bを形成することができず、この結果第1電極の電極板14a, 14bの面積も小さくなるが、この部分はトーションバー部10の軸芯からの距離が小さい部分であるので、ミラー部8に作用する回転トルクTへの寄与率が小さい。

【0044】具体的には、本実施形態では電極板14a, 14bの幅が各々150μmであり、ミラー部8の他方の正面の全面に電極板を形成した場合と比較して、僅か15パーセントの面積比であるが、50パーセント以上の回転トルクが得られる。このように、大きな面積の貫通孔16を形成しても、ミラー部8に作用する回転トルクが極度に低下するということはない。

【0045】図4は、別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図であって、図1に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2に円形の貫通孔16を形成してもよい。このようにすれば、電極基板2の面積を大きくすることなく、貫通孔16の周辺に形成する第2電極の電極板18a, 18bの面積を大きくできるので、ガルバノマイクロミラーを大型化されることなく、ミラー部8に作用する回転トルクを大きくでき、あるいは電極板18a, 18bへの印加電圧を低くできる。

【0046】貫通孔16は、楕円形あるいは長円形であってもよい。

【0047】図5は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、ミラー部8の一方の正面に、1対の電極板22a, 22bからなる第3電極を設け、これら電極板22a, 22bに、第4電極を構成する1対の電極板24a, 24bを対向配置してもよい。すなわち、ミラー基板4の上に、開口部26を有する矩形枠状の支持部28を設け、この支持部28に電極板24a, 24bを形成するのである。支持部28の開口部26は、ミラー面12への入射光および反射光を通過させるために形成されている。電極板22a, 22bの大きさは、電極板14a, 14bと同じであり、電極板14a, 14bと電極板22a, 22bとは、ミラー部8を挟んで対向している。

【0048】第3電極の一方の電極板22aと他方の電極板22bとは、電気的に互いに接続され、接地されている。第4電極の一方の電極板24aと他方の電極板24bとは、電気的に互いに絶縁され、図外の制御装置に接続されている。これらの電極板22a, 22b, 24a, 24bは、電極板14a, 14b, 18a, 18bと同様に、露出表面に絶縁皮膜が形成されている。

【0049】このガルバノマイクロミラーにおいては、

電極板18aに電圧を印加する場合、同じ電圧を電極板24bにも印加する。このようにすれば、電極板24bと電極板22bとの間に静電引力が作用し、これによりミラー部8に、トーションバー部10の軸芯を中心とする回転トルクが作用する。この回転トルクの方向は、図5からも明らかなように、電極板18aと電極板14aとの間の静電引力に起因してミラー部8に作用する回転トルクと同じ方向である。したがって、電極板22bおよび電極板24bを設けない場合と比較して、ミラー部8に作用する回転トルクが増加する。換言すれば、同じ回転トルクを発生させる場合に、電極板18aに印加する電圧を低減させることができ、あるいは、電極板18a, 14aの面積を減少させてガルバノマイクロミラーの小型化を図ることができる。たとえば、印加電圧が同じ場合は回転トルクを2倍にでき、回転トルクが同じ場合は印加電圧を2の平方根分の1倍にできる。

【0050】さらに、ミラー部8の横すべりをなくすことができる。この理由について、図6および図7を参照しながら説明する。図6は、図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部8に作用する静電引力の説明図であり、図7は、図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部8に作用する静電引力の説明図である。なお、図6および図7において、分力F<sub>x</sub>, F<sub>y</sub>を示す矢印は、力の方向を示しているものであって、矢印の長さが力の大きさを表すものではない。

【0051】電極板18aに電圧を印加すると、電極板18aと電極板14aとの間に静電引力が作用するが、この静電引力によってミラー部8に働く力は、ミラー部8と平行な方向の分力F<sub>x</sub>と垂直な方向の分力F<sub>y</sub>とを有している。このため、図6の場合には、ミラー部8と平行な方向の分力F<sub>x</sub>によってミラー部8が図6の左方向に引っ張られ、横すべりを生じる。

【0052】一方、図7のように、電極板18aと同時に電極板24bに電圧を印加すると、電極板24bと電極板22bとの間に静電引力が作用する。この静電引力によってミラー部8に働く力のうち、ミラー部8と平行な方向の分力F<sub>x</sub>は、電極板18aと電極板14aとの間に作用する静電引力に起因して生じた分力F<sub>x</sub>と同じ大きさで、向きが逆方向である。したがって、これら両者が相殺し、ミラー部8にはミラー部8と平行な方向の力が働くことになり、ミラー部8の横すべりをなくすことができる。もちろん、ミラー部8と垂直な方向の分力F<sub>y</sub>については、両者が協働してミラー部8を回動させることになる。

【0053】もちろん、電極板18bと同時に電極板24aに電圧を印加する場合にも、上記と同様の理由により、回転トルクの増加および横すべりの防止を図ることができる。

【0054】図8および図9は、図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板4の製造プロセスの説

明図である。

【0055】ミラー基板4の製造に際しては、先ず、図8の(A)のように、シリコンからなるウェハ52を用意する。

【0056】次に(B)のように、ウェハ52の一方の正面および他方の正面に、全面にわたって酸化膜54a, 54bを形成する。

【0057】次に(C)のように、酸化膜54aの表面に、レジスト膜56aをパターン形成する。このパターンは、基部6とミラー部8とトーションバー部10とを形成するためのものである。また酸化膜54bの表面に、全面にわたってレジスト膜56bを形成する。そしてエッチングにより、酸化膜54a, 54bのうちレジスト膜56a, 56bによって覆われていない部分を除去する。

【0058】次に(D)のように、レジスト膜56a, 56bを除去し、異方性エッチングにより、ウェハ52のうち酸化膜54a, 54bによって覆われていない部分に溝を形成する。

【0059】次に(E)のように、ウェハ52の一方の正面および他方の正面の全面にわたって、新たな酸化膜58a, 58bを形成する。

【0060】次に(F)のように、酸化膜58a, 58bの表面に、全面にわたって金属膜60a, 60bを形成する。

【0061】次に、図9の(G)のように、金属膜60aの表面に、レジスト膜62aをパターン形成する。このパターンは、ミラー面12と電極板22a, 22bとを形成するためのものである。また金属膜60bの表面に、全面にわたってレジスト膜62bを形成する。そしてエッチングにより、金属膜60a, 60bのうちレジスト膜62a, 62bによって覆われていない部分を除去する。

【0062】次に、(H)のように、レジスト膜62a, 62bを除去し、金属膜60aの表面に、全面にわたって新たなレジスト膜64aを形成する。また金属膜60bの表面に、新たなレジスト膜64bをパターン形成する。このパターンは、電極板14a, 14bを形成するためのものである。そしてエッチングにより、金属膜60a, 60bのうちレジスト膜64a, 64bによって覆われていない部分を除去する。

【0063】次に、(I)のように、レジスト膜64a, 64bを除去し、酸化膜58aおよび金属膜60aの露出表面に全面にわたって新たなレジスト膜66aを形成する。また酸化膜58bおよび金属膜60bの露出表面に、新たなレジスト膜66bをパターン形成する。このパターンは、基部6とミラー部8とトーションバー部10とを形成するためのものである。そしてエッチングにより、酸化膜58a, 58bのうちレジスト膜66a, 66bによって覆われていない部分を除去する。

【0064】次に、(J)のように、レジスト膜66a, 66bを除去し、異方性エッチングにより、ウェハ52の他方の正面に溝を形成する。この溝の深さは、酸化膜58aに到達するまでとする。

【0065】次に、(K)のように、エッチングにより、酸化膜58aの不要部分を除去する。かくして、図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板4が完成する。すなわち、金属膜60aによってミラー面12と電極板22a, 22bとが実現され、金属膜60bによって電極板14a, 14bが実現される。また、ウェハ52と酸化膜58a, 58bとによって、ミラー基板4の本体部分が実現される。

【0066】図10は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1および図5に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2に1対の直線状の突出部を一体に突設し、これらの突出部によりストッパ32a, 32bを構成してもよい。

【0067】このようにすれば、ストッパ32aにより、電極板14aと電極板18aとの衝突、および電極板22bと電極板24bとの衝突を防ぐことができる。また、ストッパ32bにより、電極板14bと電極板18bとの衝突、および電極板22aと電極板24aとの衝突を防ぐことができる。したがって、電極板同士の衝突による損傷や吸着を良好に防止できる。

【0068】すなわち、電極板14aと電極板18aとの間に作用する静電引力、および電極板22bと電極板24bとの間に作用する静電引力は、電極間ギャップが小さくなるほど増大する。このため、ミラー部8の傾斜角が瞬間に大きくなり過ぎる事態が生じたとき、静電引力の増大によって制御不能となり、電極板同士が接触(pull-in)してしまう事態が稀に発生する。このように電極板同士が接触すると、電極板の損傷や、電極板を覆う絶縁皮膜の損傷に起因する電気的な短絡や、電極板同士の吸着などが発生することがあるが、このような事態の発生をストッパ32a, 32bにより良好に防止できるのである。

【0069】もちろん、ストッパ32a, 32bの形状は特に限定されるものではなく、列状に配置された複数の突出部によりストッパ32a, 32bを構成してもよい。また、ストッパ32a, 32bは、支持部28あるいはミラー部8に設けててもよい。

【0070】図11は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1および図5に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2から断面L字状の1対の突出部を突設し、これらの突出部により支持部28を構成してもよい。この実施形態においては、電極板14aと電極板22aとが一体に形成されており、電極板14bと電極板22bとが一体に形成され

ている。なお、上記支持部28は、もちろん、ミラー基板4の基部6に突設してもよい。

【0071】なお、上記各実施形態においては、貫通孔16を1個設けたが、貫通孔16を複数個設けててもよい。

【0072】また、上記各実施形態においては、第1電極の電極板14a, 14bを接地し、第2電極の電極板18a, 18bに電圧を印加したが、電極板18a, 18bを接地し、電極板14a, 14bに電圧を印加してもよい。

【0073】また、上記第3実施形態以降においては、第3電極の電極板22a, 22bを接地し、第4電極の電極板24a, 24bに電圧を印加したが、電極板24a, 24bを接地し、電極板22a, 22bに電圧を印加してもよい。

【0074】また、上記第3実施形態以降においては、各電極の一方の電極板14a, 18a, 22a, 24aと他方の電極板14b, 18b, 22b, 24bとを、互いに同一の形状および寸法にすることにより、静電引力に起因してミラー部8に作用するミラー部8と平行な方向の分力F<sub>x</sub>を相殺するように構成したが、一方の電極板14a, 18a, 22a, 24aと他方の電極板14b, 18b, 22b, 24bとを互いに同一の形状および寸法にすることなく、電極間ギャップなどの他の要因を適切に設定して、静電引力に起因してミラー部8に作用するミラー部8と平行な方向の分力F<sub>x</sub>を相殺するように構成してもよい。

【0075】すなわち本発明は、以下のような構成の各ガルバノマイクロミラーを当然に包含する。

【0076】貫通孔は、矩形である、請求項4に記載のガルバノマイクロミラー。

【0077】貫通孔は、楕円形である、請求項4に記載のガルバノマイクロミラー。

【0078】楕円形には、真円も含まれる。

【0079】第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている、請求項7に記載のガルバノマイクロミラー。

【0080】支持部は、棒状である、請求項2ないし7のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【0081】支持部は、1対の支持部材からなり、各支持部材は、断面し字状である、請求項2ないし7のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したので、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できる。

【0083】また本発明によれば、ミラー部の一方の正面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したので、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させることから、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止でき、しかも、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図である。

【図2】図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の平面図である。

【図3】図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の正面図である。

【図4】別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図である。

【図5】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図6】図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図である。

【図7】図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図である。

【図8】図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図である。

【図9】図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図である。

【図10】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図11】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図12】従来の一般的なガルバノマイクロミラーの平面図である。

【図13】従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図である。

【符号の説明】

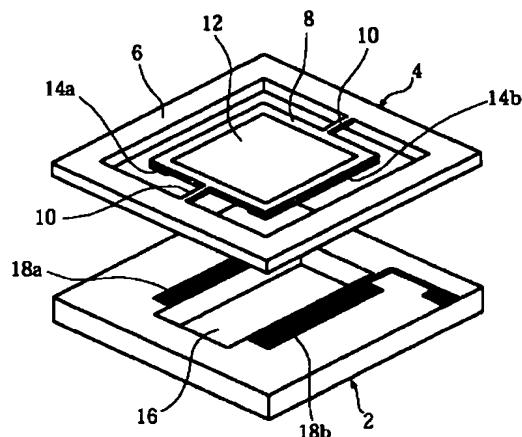
- 2 電極基板
- 4 ミラー基板
- 6 基部
- 8 ミラー部
- 10 トーションバー部
- 12 ミラー面
- 14a, 14b 電極板
- 16 貫通孔
- 18a, 18b 電極板
- 22a, 22b 電極板
- 24a, 24b 電極板

26 開口部  
28 支持部

32a, 32b ストップ

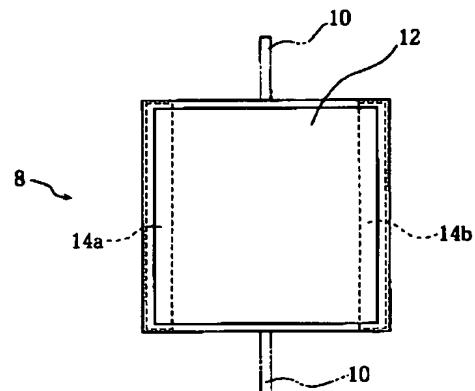
【図1】

本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図



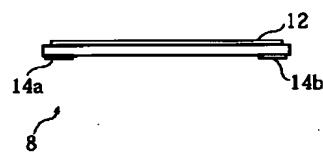
【図2】

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の平面図



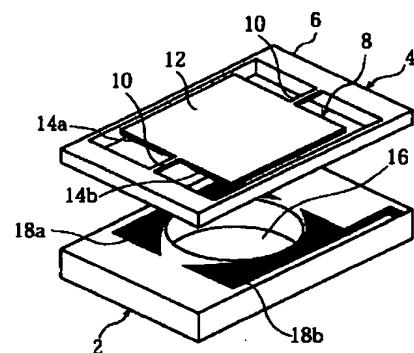
【図3】

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の正面図



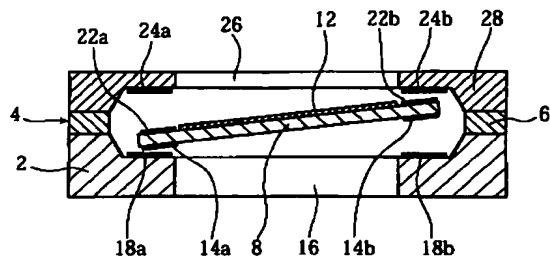
【図4】

別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図



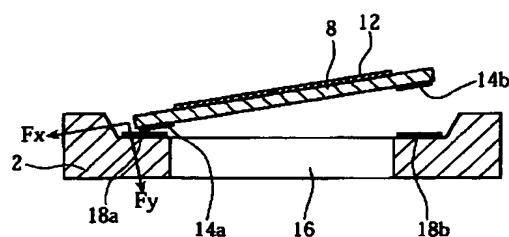
【図5】

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



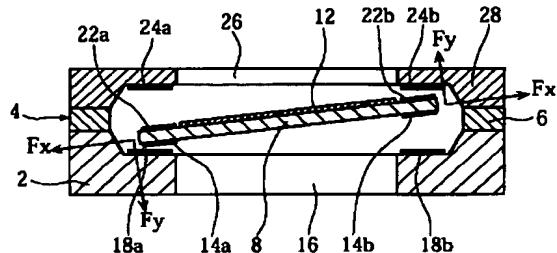
【図6】

図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



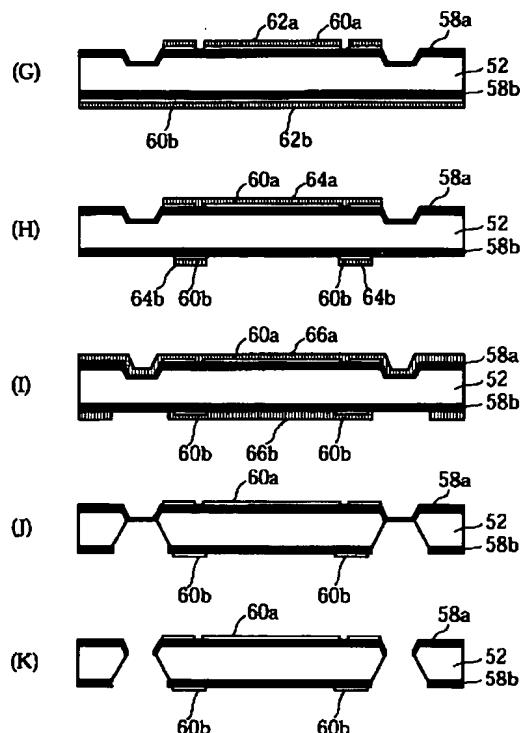
【四七】

図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



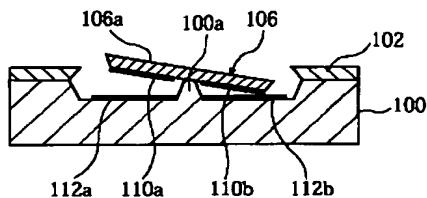
〔四九〕

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図



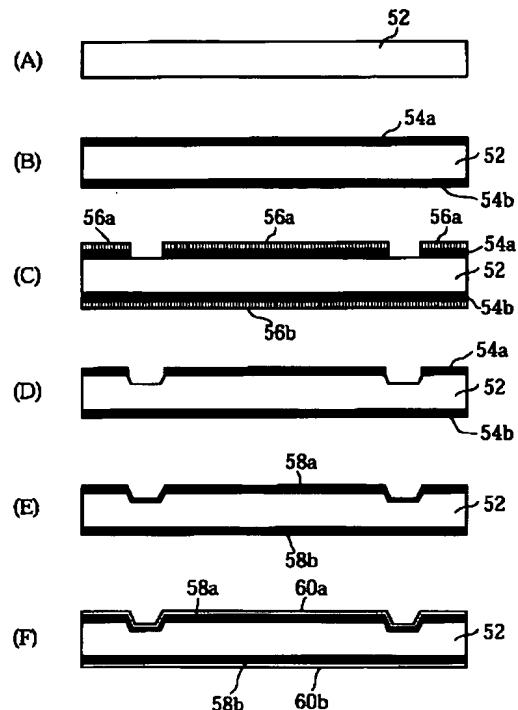
【図13】

### 従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図



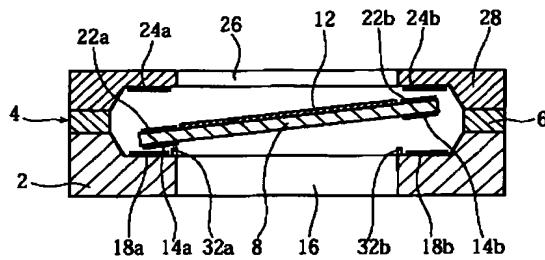
[图8]

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の  
製造プロセスの説明図



【図10】

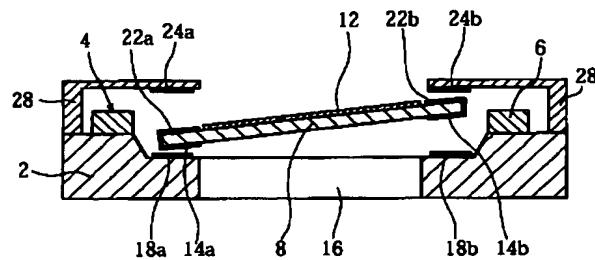
#### さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



### 従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図

【図11】

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



【図12】

従来の一般的なガルバノマイクロミラーの平面図

